

Departament de Cirurgia



Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

MARC BAUSILI RIBERA

Direcció: Dr. Xavier León

**PREVALENÇA D'ARTEFACTES D'AMPLIFICACIÓ DE
LA CORBA DE PRESSIÓ ARTERIAL DURANT LA
MONITORITZACIÓ INVASIVA. ESTUDI TRANSVERSAL.**

TREBALL DE RECERCA

ANY 2013. CONVOCATÒRIA SETEMBRE

1. ÍNDEX

Introducció	pàg. 4
Revisió i actualització bibliogràfica	pàg. 6
Hipòtesis	pàg. 14
Objectius del treball	pàg. 15
Material i Mètodes	pàg. 16
Resultats	pàg. 23
Discussió	pàg. 36
Conclusions	pàg. 45
Bibliografia	pàg. 46

2. INTRODUCCIÓ

Cada vegada s'estan utilitzant sofisticats instruments per a la monitorització com a base de la orientació diagnòstica en la cura del pacient. La pressió sanguínia arterial és una eina bàsica necessària, moltes vegades imprescindible, per a la vigilància hemodinàmica i control de tractament en alguns malalts, especialment aquells que resten ingressats en unitats de cures intensives.

A diferència de l'esfingomanòmetre, la caterització intraarterial acoblada a un sistema de transducció electromecànica aporta la monitorització continua de la pressió arterial amb major precisió en aquells pacients amb tensions sanguínies inestables o amb hipotensió. Malgrat això, aquest sistema és susceptible d'originar errors en la interpretació, podent conduir a intervencions terapèutiques inapropiades si passen desapercebudes per l'observador.

Quan una ona de pressió arterial és captada pel catèter que s'ha introduït a l'artèria, es produeix la seva transmissió a través d'un sistema de tuberia, plena de líquid (habitualment suero salí), fins una cambra situada dins d'un transductor, on es situa una membrana que transforma l'energia mecànica en energia elèctrica. D'aquesta manera, es genera una senya que s'envia a un monitor on és amplificada i plasmada en forma d'ona analògica, amb la digitació corresponent als valors de pressió màxima, mínima i mitja.

En condicions ideals, les ones de pressió registrades haurien de transmetre sense distorsions al transductor i, a continuació, a l'amplificador, al monitor o al sistema de registre. Malauradament, el sistema de transmissió mecànica oscil·la o vibra després de posar-se en moviment per l'ona de pressió arterial provinent del pacient, la qual cosa genera petites ones de pressió que es superposen a la causada pel pols de pressió pròpiament dit, provocant petits artefactes que distorsionen la mesura de la pressió.

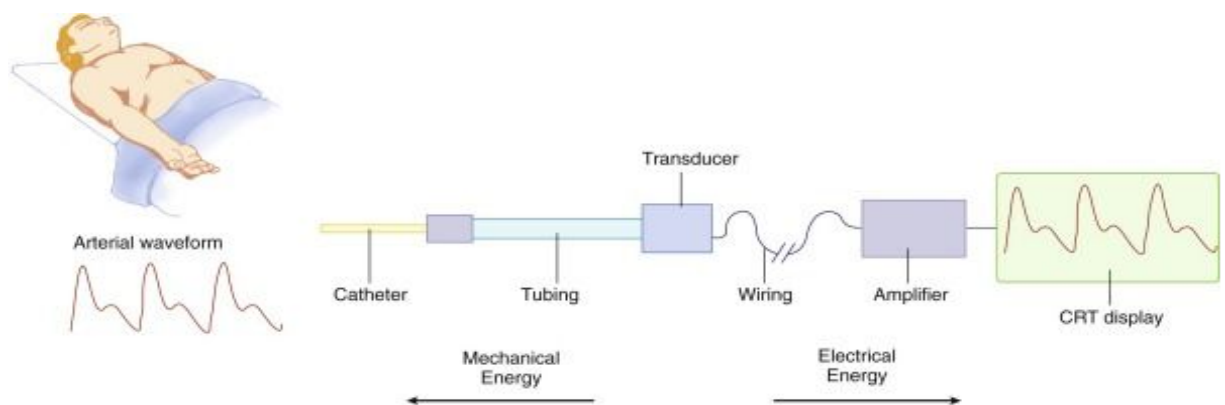
En moltes ocasions, el clínic necessita conèixer de manera instantània, contínua i exacta la pressió sanguínia arterial per poder ajustar un tractament o orientar les condicions patofisiològiques canviants del pacient. És per tant, d'extrema importància garantir la correcta medició d'aquesta, de manera que les dades que l'observador interpreti siguin verídiques i, d'aquesta manera, se'n derivi una bona pràctica mèdica.

3. REVISIÓ I ACTUALITZACIÓ BIBLIOGRÀFICA

3.1. Introducció^{1,2}

La representació de la corba de pressió arterial tal i com la coneixem en el monitor depèn en gran part d'un element bàsic en el circuit de monitorització com és el transductor. El transductor canvia una senyal procedent d'una forma d'energia en una altra.

Un transductor de pressió, que és el que ens ocupa, canvia l'energia mecànica del pols arterial en energia elèctrica, senyal que pot ser amplificada i processada.

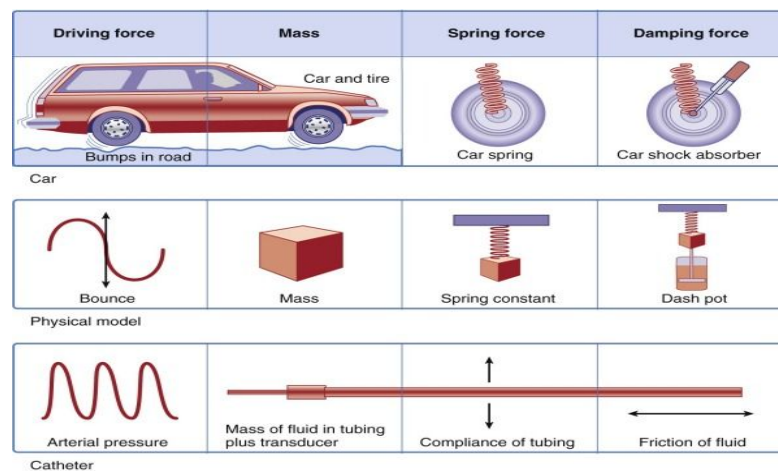


Quan es monitoritza un pacient se mesuren les quantitats físiques en un marc fisiològic, i aquestes poden ser errònies o imprecises. La tasca del facultatiu és comprendre les limitacions fisiològiques, però també les físiques, d'aquesta mesura, jutjar els errors potencials i prendre decisions clíniques tenint en compte la possible aparició d'aquestes imprecisions.

Un transductor de pressió modern és un dispositiu que canvia tant la resistència elèctrica com la capacitància en resposta als canvis de pressió sobre un dispositiu en estat sòlid. La resistència variable del transductor es col·loca en un circuit elèctric i el canvi de resistència es converteix en voltatge elèctric. La part mòbil del transductor es molt diminuta i té una massa petita. No es clínica ni comercialment pràctic col·locar el transductor en contacte amb la sang arterial; s'utilitza un tub ple de líquid per connectar el catèter intraarterial amb el transductor de pressió.

Aquest sistema de pressió fluctuant, un tub ple de líquid i un transductor de pressió equivalent mecànicament a l'oscil·lador harmònic de massa-molla. La massa representaria la massa de líquid del sistema de tubs i la molla, l'elasticitat d'aquest sistema. L'amortidor representa la fricció generada pel líquid movent-se endavant i enrere dels tubs. Un exemple d'amortidor harmònic és el d'un cotxe que circula per una camí ple de sots.

Els sots proporcionen la pressió motriu oscil·latòria, que força a les rodes del cotxe a oscil·lar amunt i avall. Les molles del cotxe són anàlogues a la compliància dels tubs de pressió arterial, i els amortidors, que s'oposen al moviment de les rodes, són anàlegs a la fricció del líquid que es mou a l'interior dels tubs.



Depenent de la freqüència dels sots, el sistema pot suprimir la incidència d'aquests o iniciar un gran nombre d'oscil·lacions. La freqüència de la força de conducció que causa l'amplificació màxima de la senyal s'anomena freqüència ressonant natural.

El grau d'amplificació és proporcional a la massa e inversament proporcional al grau de fricció existent; si hi ha molta fricció es produeix més atenuació que amplificació. Els tubs més rígids (menys dúctils) o els tubs més curts (menor massa) produeixen freqüències naturals més grans, és a dir, requereixen una taxa de pols major abans de l'amplificació.

Per minimitzar el potencial d'amplificació de la pressió arterial, els tubs del sistema no han de ser compliants i la massa total del sistema ha de ser mínima, la qual cosa s'aconsegueix amb tubs de petit diàmetre i tan curts com sigui possible. En la majoria del sistemes clínics la freqüència de ressonància natural és de 10-15Hz, molt superior a la freqüència primària de la corba arterial (1 a 2Hz, quan la freqüència cardíaca està entre 60 i 120 batecs/minut).

Desgraciadament, la corba arterial no és una ona sinusoïdal, sinó més complexa formada per la suma de diferents ones sinusoïdals. Els components d'alta freqüència de la corba arterial (harmònics més alts) es troben més propers a la freqüència natural i, per tant, són amplificats. Per aquesta raó, es veu l'ona en forma de fuet quan la pressió sistòlica i la corba ascendent inicial s'amplien significativament sobre la vertadera pressió sistòlica. En teoria, i encara sota controvèrsia³, la pressió arterial mitja ha de ser la mateixa, perquè aquest augment de la pressió sistòlica també produeix una reducció de la diastòlica.

Qualsevol combinació de catèter, tubs i transductor pot caracteritzar-se per: la freqüència de ressonància (f_0) i el coeficient d'amortiguació (z). La majoria tenen una f_0 de 10 a 20 Hz i una z de 0.2 a 0.3. Si la f_0 es mou entorn aquests paràmetres es podria pensar que l'amplificació juga un petit paper en el rang clínic de les proporcions de pols, que són de 5 a 10 vegades menors.

Però, com que l'ona de pressió arterial és la suma de les ones sinusoïdals amb freqüències superiors a l'ona del pols, aquestes freqüències harmòniques més altes són les que més s'amplifiquen i les que produeixen la forma d'una ona mal processada.

Depenent de l'ona de pressió arterial real, aquesta distorsió pot produir d'un 20 a un 50% d'error en les lectures de la PAS. Inclús podria ser pitjor, donat que aquest error depèn de la freqüència del pols, pot no romandre constant. Per optimitzar el rendiment d'un sistema transductor de pressió, la f_0 ha de ser el màxim d'alta possible, la qual cosa s'aconsegueix amb:

- Una amortiguació dura
- Una massa petita (cànula i tubs inelàstics)
- Minimització de la massa en moviment (tubs curts i estrets)
- Eliminar friccions i elasticitat (bombolles)

3.2. Evidència científica

Tenim molt informació sobre la importància, avantatges i millores tecnològiques de la monitorització hemodinàmica invasiva, però poca sobre la fiabilitat o la traducció d'errors que es poden generar de la mateixa. Els estudis fan evident la mancança existent per assegurar unes guies clares per la pràctica diària en les cures intensives.

La Societat Francesa d'Anestesiologia i Medicina Intensiva ha proposat unes guies per la cateterització arterial i la mesura invasiva de la pressió arterial sistèmica en l'adult. Entre moltes recomanacions sobre la tècnica d'inserció i mesures d'higiene, són destacables amb el tema que ens ocupa recomanacions com:

- Usar catèters de tefló o poliuretà amb una mida màxima de 18 gauge per les artèries axil·lars o femorals, i 20 gauge per la resta.
- Usar dispositius d'esbandida ("flush") amb flux constant de 2ml/h i una vàlvula de rentat ràpid connectada a sèrum salí sota pressió.
- Contraindicació de rentats intermitents mitjançant xeringues.
- La distorsió de l'ona de pressió pot ser minimitzada usant volums baixos i dispositius amb distensibilitats i resistències baixes.
- Reduir al mínim el nombre de connexions.
- Dispositius i tubs transparents per la detecció de bombolles.

Altres societats, com l'Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI) o la British Hypertension Society s'han dedicat a temes més físics en sí i estableixen alguns criteris mínims per a la correcta monitorització dels sistemes de mesura, i els fabricants han integrat als sistemes filtres electrònics que eliminen les interferències de la zona d'altres freqüències, les corresponents al bistrú elèctric i aplanen la ona per minimitzar l'efecte de la ressonància del sistema.

Malgrat això, el seu funcionament no està estandarditzat, de forma que cada fabricant utilitza filtres amb un rang diferent de freqüència, fet que pot provocar que un mateix transductor pugui variar les mesures segons el monitor al qual estigui acoblat.

També és controvertit el millor lloc d'inserció del catèter arterial, sempre i quan no existeixin contraindicacions clíniques o recomanacions internes en termes d'higiene i protocols basats en la infectibilitat. Alguns estudis s'inclinen a recomanar la cateterització continua a través de l'artèria femoral, sobretot en pacients en estat crític;^{5,6} en canvi, un estudi prospectiu portat a terme en una Unitat de Cures Intensives⁷ posa en evidència l'absència de rellevància de la ubicació del catèter arterial durant la monitorització, incloent pacients sota tractament amb fàrmacs vasoactius a altes dosis.

Pel que fa a la detecció de les distorsions en l'ona de pressió s'ha validat el test de flush (o rentat ràpid) i és declarat com a prova d'elecció per la valoració de l'exactitud en la monitorització. Kleiman et al⁸ van demostrar que aquest test era equiparable al test de l'ona quadrada, considerada el gold estàndard de laboratori (in vitro).

Altres estudis l'han comparat amb altres proves validant la seva utilitat per a la detecció d'amortiguacions del sistema.^{9,10}

El test de flush s'ha considerat com l'únic test que permet determinar in vivo la freqüència natural (f_n) i el coeficient d'amortiguació (z), amb la suposició subjacent que aquesta validesa es dona perquè activa tot el sistema incloent el catéter distal, la qual cosa s'ha estudiat en diferents tipus de material, mides i llargades dels sistemes de tubs i cànules.¹¹

Múltiples estudis estudien el fenomen de l'amortiguació in vitro, altres validen tècniques de diagnòstic dels fenòmens i alguns predisposen elements tecnològics per corregir aquests artefactes, i que han sigut integrats en els aparells moderns. Malgrat aquest avanç en el reconeixement d'aquests fenòmens, escassegen els estudis clínics per determinar aquesta evidència en la realitat de la pràctica quotidiana del clínic.

No hem pogut determinar a través de la literatura científica cap indicatiu sobre la prevalença o estimació de la rellevància clínica dels artefactes d'amortiguació de la corba arterial durant la monitorització invasiva. Encara que queden ben determinats aquests fenòmens in vitro, les seves característiques intrínseques en la seva valoració física i els condicionants mecànics que els poden provocar, no existeixen evidències que condicionants patològics o anatòmics puguin relacionar-se amb l'augment de la freqüència d'aquests fenòmens.

4. HIPÒTESIS

4.1. Hipòtesi principal

L'existència d'artefactes d'amplificació de la corba arterial en la monitorització invasiva no és un fet aïllat o poc freqüent. Un no despreciable nombre de pacients poden patir alteracions i discrepàncies no desitjables entre la pressió arterial monitoritzada i la seva pressió sanguínia real.

4.2. Hipòtesis secundàries

Es coneixen algunes causes que poden generar artefactes de la corba arterial, derivades sobretot de mesures higièniques i mecàniques del circuit de transmissió (bombolles, allargaderes, manca de pressió, etc.), però en condicions ideals del sistema poden seguir existint monitoritzacions errònies de la pressió arterial.

Algunes característiques patològiques dels pacients (factors de risc cardiovascular) o secundàries a la pròpia cànula podrien tenir alguna relació alhora de generar major probabilitat d'artefactes d'amplificació.

5. OBJECTIUS DEL TREBALL

5.1. Objectiu principal:

Conèixer la prevalença d'artefactes d'amplificació (sobreamortiguació i infraamortiguació) en la corba de pressió de la monitorització invasiva de la pressió arterial en pacients postoperats.

5.2. Objectiu secundari

Determinar possibles factors predisponents o associats al desenvolupament dels artefactes de la corba de pressió arterial.

6. MATERIAL I MÈTODES

6.1. Disseny i justificació

Es tracta d'un estudi transversal, observacional i descriptiu. Es busca conèixer la prevalença d'un efecte, en aquest cas, d'un artefacte en la monitorització. L'objectiu és la mera descripció del fenomen, identificar la seva freqüència i generar hipòtesis explicatives sobre l'origen o els factors que es relacionen amb el fenomen.

6.2. Població d'estudi

Pacients postoperats de qualsevol tipus de cirurgia portadors de catèter arterial per a la monitorització cruenta.

6.3. Descripció dels procediments

Una vegada seleccionat el pacient a incloure en l'estudi i després d'haver-li explicat en què consisteix i haver signat el consentiment informat, es recullen les següents dades de la història clínica o documents adjunts del pacient:

- Dades epidemiològiques i antropomètriques (edat, gènere, pes i talla)
- Factors de risc cardiovascular (obesitat, tabaquisme, dislipèmia, diabetis, hipertensió arterial) i arteriopatia.
- Data de col·locació del catèter arterial
- Tipus de catèter i especificació de l'artèria d'ubicació.
- Administració de fàrmacs vasoactius
- Monitorització de paràmetres:
 - o Xifres de freqüència cardíaca
 - o Xifres invasives de pressió arterial sistòlica, diastòlica i mitja
 - o Xifres no invasives (mitjançant esfingomanòmetre) de pressió arterial sistòlica, diastòlica i mitja
- Presència o no d'artefacte (mitjançant la realització del test de flush)

6.4. Definició operativa de les variables

6.4.1. Variables exposició:

- Edat. Anys complerts del subjecte.
- Gènere. Home o dona.

- Mesures antropomètriques. Pes i talla.
- Presència de factors de risc cardiovascular (tabaquisme, hipertensió arterial, dislipèmia, diabetis mellitus i obesitat).
- Presència de malaltia arteriopàtica
- Tractament amb fàrmacs amb efecte vasoconstrictor o vasodilatador.
- Catèter arterial. Tipus, ubicació (artèria radial, femoral o altres) i dies de col·locació (en dies).

6.4.2. Variables resultat:

- Presència d'artefacte. Existència o no d'amortiguació del sistema.
- Tipus d'artefacte. Sobre o infraamortiguació.
- Diferència PA. Diferència dels valors de les pressions arterials (sistòlica, diastòlica i mitja) entre la pressió del monitor (invasiva) i la pressió obtinguda per esfingomanometre (no invasiva).

6.5. Mostra i bases per la seva determinació

En l'estudi inicia es preveu el reclutament de 456 pacients que corresponen al 25% de la mostra prevista (1825 pacients). segons el càlcul de la prevalença en estudis transversal (càlcul de proporcions), amb la suposició per manca d'evidència científica que la prevalença de l'artefacte del 5% i una precisió del 0,01.

6.6. Mètodes per l'obtenció de les dades.

6.6.1. H^a clínica del pacient:

Obtenció de les dades epidemiològiques, antropomètriques, factors de risc cardiovascular i arteriopatia.

6.6.2. Full d'anestèsia de quiròfan

Obtenció de la data de col·locació i ubicació del catèter arterial.

6.6.3. Full de seguiment de Reanimació o Unitat de Crítics

Obtenció de l'administració de fàrmacs vasoactius.

6.6.4. Exploració del pacient

Confirmació de la ubicació del catèter i del tipus de cànula.

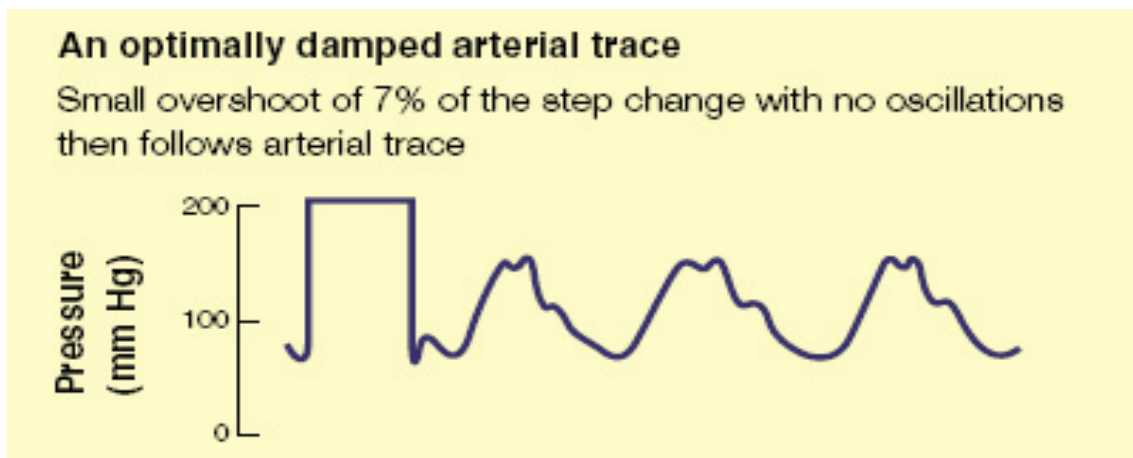
6.6.5. Monitorització i test de flush

Obtenció de la presència i tipus d'artefacte. Obtenció dels paràmetres de pressió arterial (invasiva i no invasiva).

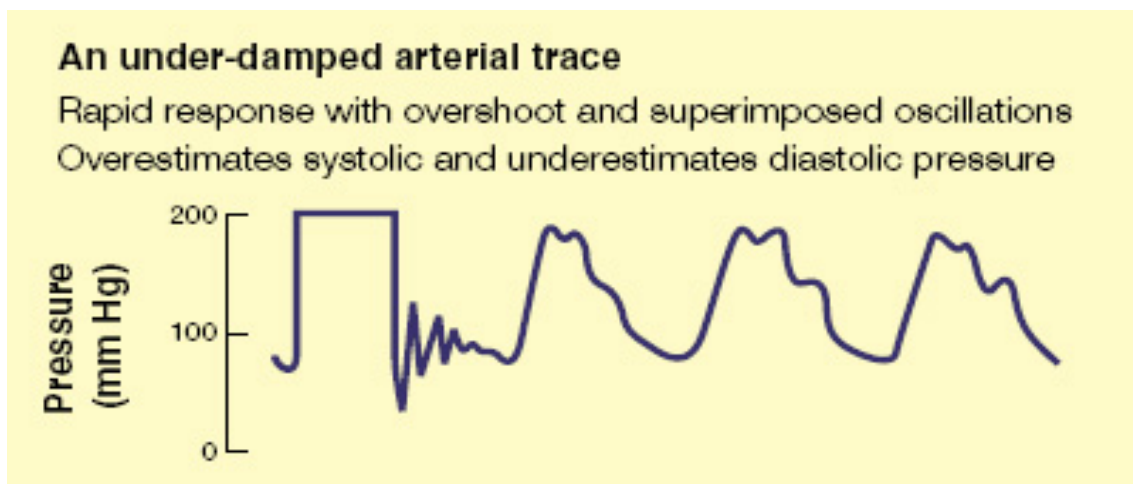
Definicions de normalitat i artefactes. Es realitzarà mitjançant el test de flush, que consisteix en elevar fins 200mmHg la pressió del sistema durant alguns segons amb un rentat ràpid i es relaxa bruscament la pressió.

Això genera una ona quadrada al monitor i posteriorment el retorn a l'ona sinusoïdal. La morfologia i la velocitat de caiguda ens informen sobre l'estat d'amortiguació del sistema.

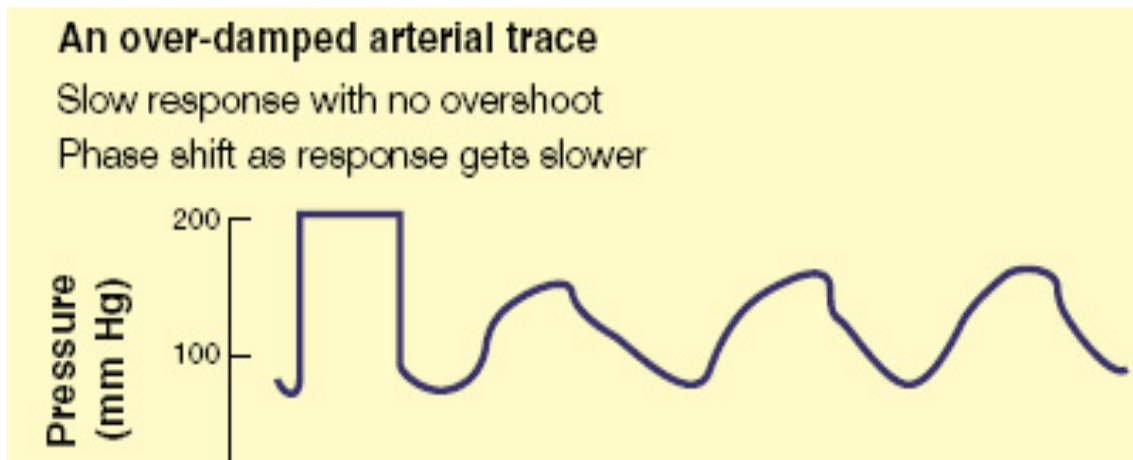
- Amortiguació òptima:



- Infraamortiguació:



- Sobreamortiguació:



6.7. Maneig i anàlisi de les dades

- Registre de resultats i dades en paper (full Excel).
- Transferència de resultats en Full Accés.
- Importació i anàlisi de dades a SPSS versió 21.
 - o Estudi de proporcions
 - o Comparació de mitges i freqüències observades

6.8. Control de qualitat

L'investigador ha garantit l'exactitud, integritat i llegibilitat de les dades, així com tots els informes que se li requereixin. Les dades incloses en el Quadern de Recollida de Dades seran consistents o es justificaran les discrepàncies, si existeixen.

Qualsevol modificació o correcció de les dades de recollida seran datades i signades amb les inicials. No s'ocultaran dades originals i les esmenes seran explicades.

6.9. Limitacions

6.9.1. Limitacions del disseny.

No permet conèixer causalitat i no distingeix entre factors de risc i pronòstics.

6.9.2. Limitacions de selecció.

Limitat a postoperats amb monitorització cruenta de la pressió arterial.

6.9.3. Limitacions de informació.

Sempre existent. A més, cal afegir l'existència d'un diagnòstic (presència d'artefacte) amb cert criteri subjectiu que depèn de l'examinador.

7. RESULTATS

S'han reclutat 135 pacients. L'inici de la recollida de dades fou el 4 de juliol del 2011 fins a 30 de juliol del 2013. La recollida de pacients continua, doncs encara no s'ha arribat a la mostra necessària i calculada a l'inici de l'estudi, per la qual cosa els resultats que es presenten formen part d'una avaluació intermèdia.

Cal tenir en compte que la recollida de dades s'ha realitzat en gran part en la unitat postoperatoria de cirurgia cardíaca, per la qual cosa implicarà un equilibri particular pel que fa a les característiques bàsiques de la mostra (sobretot en relació als factors de risc cardiovascular).

7.1. Mesures epidemiològiques

La mostra presentava una edat mitja de 66,25 anys (DE 12,9), amb un rang que anava des dels 28 als 82,9 anys. El percentatge d'homes va ser de 57,8% enfront el 42,2% de dones.

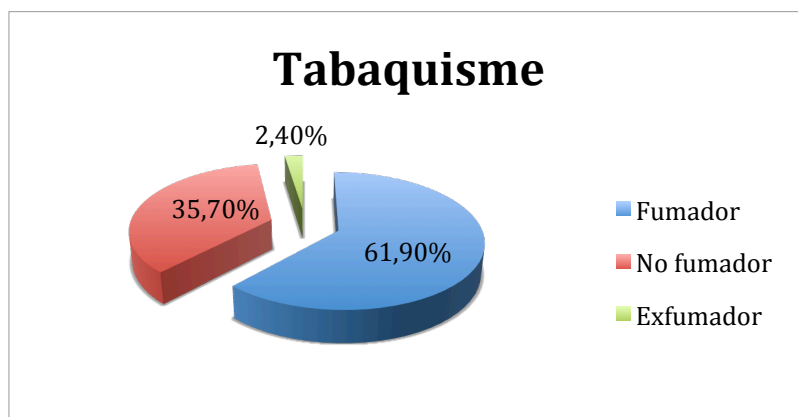
7.2. Mesures antropomètriques

Cal destacar la tendència de la mostra cap a l'obesitat, doncs l'IMC mig calculat sobrepassa els 27 kg/m².

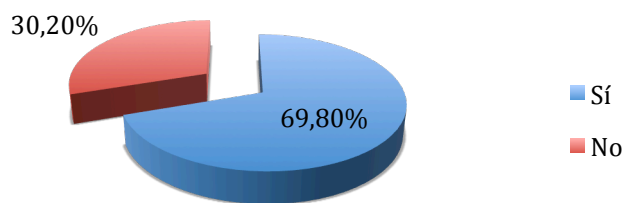
	Pes	Talla	IMC
	(kg)	(metres)	(kg/m2)
Mean	73,9156	1,6332	27,8178
Std. Deviation	12,53608	,08498	4,33900
Minimum	38,00	1,47	16,67
Maximum	110,00	1,80	41,91

7.3. Factors de risc cardiovascular (FRCV)

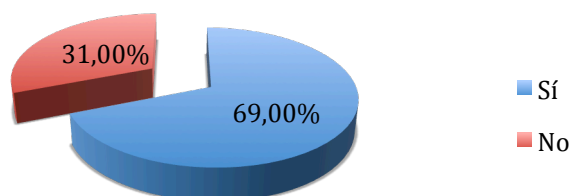
La mostra, tal i com ja s'ha indicat, està marcada per l'elevat percentatge de pacients postoperats de cirurgia cardíaca i, per tant, amb elevada prevalença de FRCV. Tant és així, que la prevalença de la dels FRCV es situa en percentatges entre 60 i 70%. També és destacable que un 18,4 dels pacients presenta 2 FRCV, 10,5% 3 FRCV i 31,6% 4 FRCV.



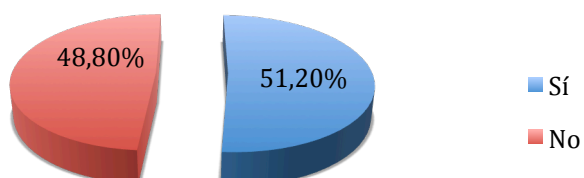
Hipertensió arterial



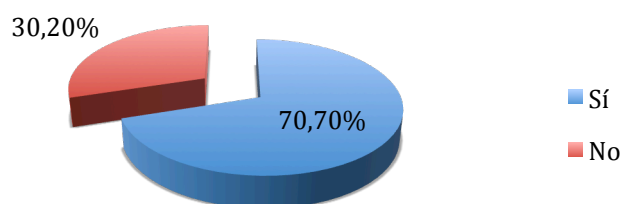
Diabetes mellitus

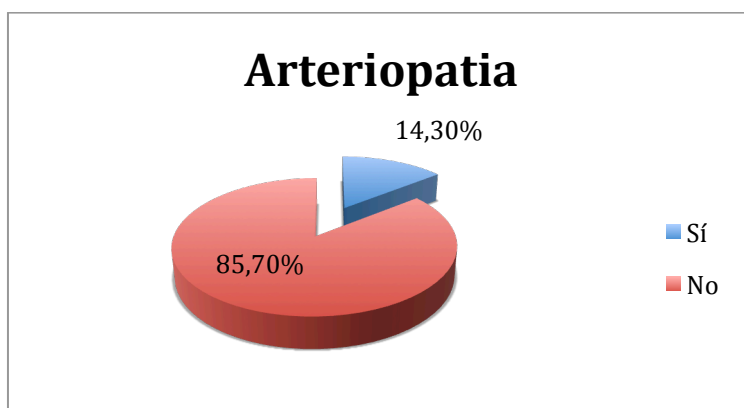


Dislipèmia

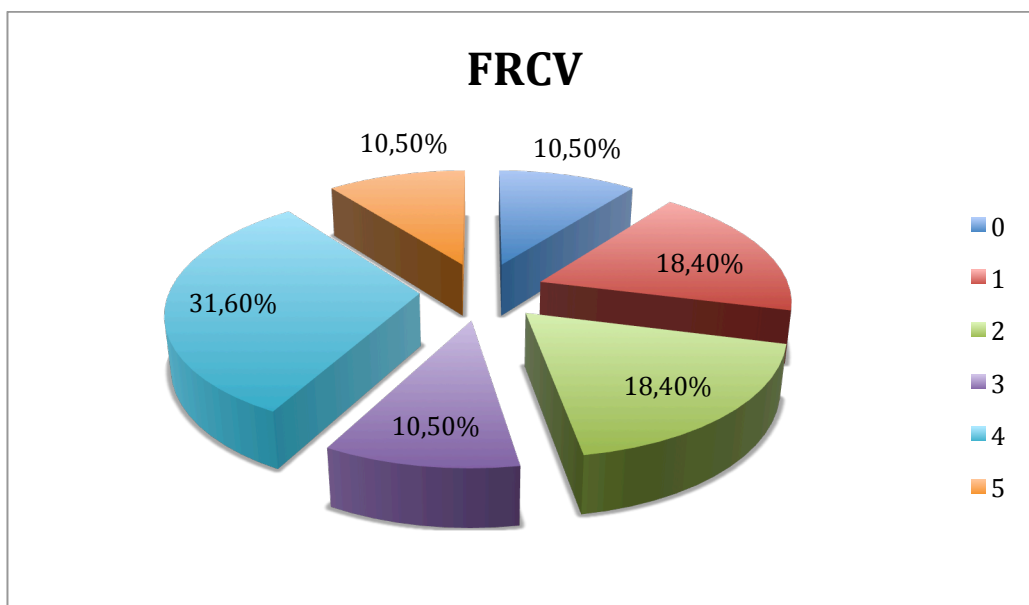


Obesitat





En la distribució de la mostra en quant els FRCV acumulats (sense comptar l'edat ni el gènere) destacava que al voltant d'un 40% presentava 4 o més factors (és a dir, HTA, DM, DLP, tabaquisme i/o obesitat).

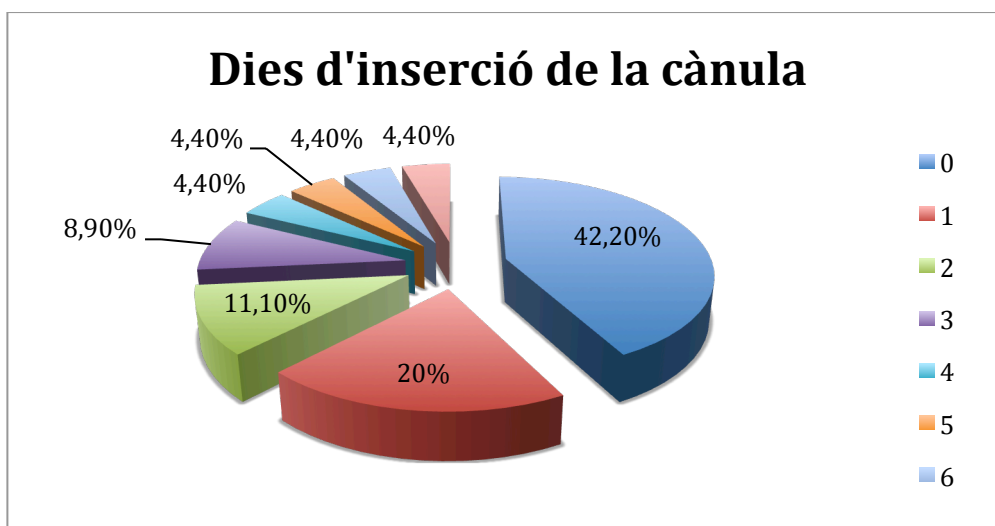


7.4. Tractament amb fàrmacs vasoactius

En el moment del registre, els pacients presentaven en un 43,2% i en un 13,2% tractament amb vasoconstrictors o vasodilatadors, respectivament.

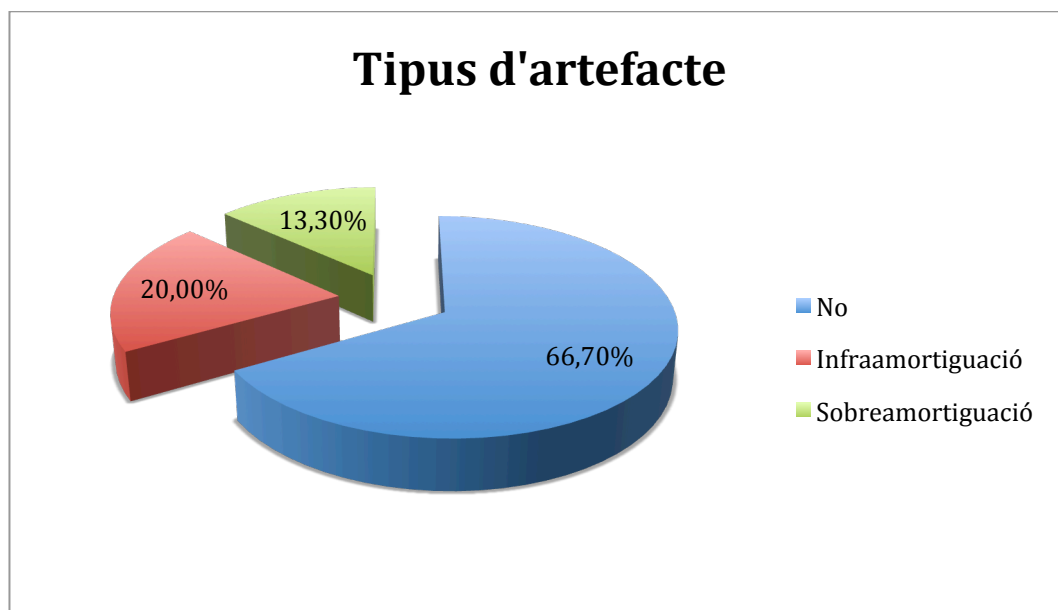
7.5. Característiques de la canulació arterial

Les cànules arterials s'havien ubicat en l'artèria radial en un 77,8% dels pacients, per contra es trobaven a l'artèria femoral solament un 22,2%. En el moment del registre, la mitja de temps des de que s'havia introduït la cànula arterial era de 1,96 dies (DE 3,08) amb un màxim de 16 dies. Una gran part dels pacients s'havia analitzat el mateix dia de la inserció de la cànula arterial (42,2%). 15 dels pacients (11,1%) analitzats presentaven el sistema de monitorització arterial Flo-Track (Monitorització Vigileo, Edwards).



7.6. Artefactes

El número d'artefactes totals observats fou de 45 dels 135 pacients, suposant fins un 33,3% de les corbes arterials monitoritzades. La distribució d'aquests artefactes fou la següent:



7.7. Relacions d'associació entre variables

7.7.1. Artefactes i característiques bàsals dels pacients

S'ha valorat l'associació entre els valors observats d'artefacte segons les característiques dels pacients, destacant l'existència de valors diferents als esperats amb les variables de gènere i obesitat.

Ni l'edat -on la diferència entre els grups és de 3,67 anys de mitja (T-test amb igualtat de variància amb $p=0,122$) ni la resta de variables categòriques no presenten diferències significatives (Test chi-quadrada), tal i com es mostra en la taula següent.

Variable	Chi-Square Value	Asymp.Sig (2-Sided)
Tabaquisme	2,034	0,362
Hipertensió arterial	0,315	0,575
Diabetes Mellitus	0,186	0,667
Dislipèmia	2,160	0,142
Arteriopatia	0,052	0,820

Tampoc s'associa el número de FRCV amb la presència d'artefacte, així el fet de tenir més o menys factors de risc no s'ha relacionat amb la presència de major o menor proporció d'artefacte.

Tant en el cas del gènere com en el de l'obesitat sorprèn observar major nombre d'artefactes que els esperables en les dones ($p=0,000$) i ens els pacients no obesos ($IMC < 26\text{kg/m}^2$) amb una $p=0,017$.

Així, en el cas del gènere destaca la presència d'artefacte en un 52,6% de les dones versus només el 19,2% en cas dels homes.

Distribució dels artefactes segons el gènere					
			Presència d'artefacte		Total
			No	Sí	
Gènere	Home	Count	63	15	78
		% within Gènere	80,8%	19,2%	100,0%
	Dona	Count	27	30	57
		% within Gènere	47,4%	52,6%	100,0%
Total		Count	90	45	135

Mentre que en el cas de l'obesitat, la meitat dels no obesos presenten artefacte en comparació de menys d'un 30% en el cas dels obesos. Realitzant l'estudi amb una prova T comparant les mitges de IMC també s'observen diferències significatives entre els dos grups ($P=0,020$) amb una diferència mitja de $1,92 \text{ kg/m}^2$ (IC95% 0,31 a 3,27).

Distribució dels artefactes segons l'obesitat					
			Presència d'artefacte		Total
			No	Sí	
Obesitat	No	Count	18	18	36
		% within Obesitat	50,0%	50,0%	100,0%
	Sí	Count	63	24	87
		% within Obesitat	72,4%	27,6%	100,0%
Total		Count	81	42	123

	t	Df	Sig.(2-tailed)	Mean difference	Std. Error difference	95% Confidence Interval of the Difference	
Índex de Massa Corporal	5,690	121	,020	1,92	,809	,311	3,52

7.7.2. Artefactes i característiques de la cànula arterial

També és d'interès observar la gran diferència de proporció d'artefactes segons la ubicació de la cànula arterial, ja que en el cas de la femoral no s'ha observat en cap cas, comparat en un 42,9% de les cànules situades a l'artèria radial ($p=0,000$).

Distribució dels artefactes segons la ubicació del catèter arterial					
			Presència d'artefacte		Total
			No	Sí	
Ubicació arterial	Radial	Count	60	45	105
		% within Ubicació arterial	57,1%	42,9%	100,0%
	Femoral	Count	30	0	30
		% within Ubicació arterial	100,0%	,0%	100,0%
Total		Count	90	45	135

Una altra dada interessant, és observar la influència que podria tenir el pas del temps des de la inserció arterial. Un 66,7% dels pacients en el que el registre es va fer més enllà de les 48 hores des de la canulació presentaven artefacte, per contra només un 21,2% el presentava si aquesta canulació era recent (menys de 2 dies). Aquesta diferència també era estadísticament significativa ($p=0,000$).

Distribució dels artefactes segons els dies de canulació					
			Presència d'artefacte		Total
			No	Sí	
>2 dies de col·locació de la cànula	No	Count	78	21	99
		% within >2 dies de col·locació de la cànula	78,8%	21,2%	100,0%
	Sí	Count	12	24	36
		% within >2 dies de col·locació de la cànula	33,3%	66,7%	100,0%
Total		Count	90	45	135

També destaca la gran proporció d'artefactes quan la monitorització utilitzada ha sigut amb el sistema Vigileo (Flo-Track), ja que el 60% d'elles presentava artefacte en el moment del registre, en comparació amb el 30% dels pacients monitoritzats amb el sistema convencional ($p=0,020$).

Distribució dels artefactes segons presència de Flo-track					
			Presència d'artefacte		Total
			No	Sí	
Sensor	No	Count	84	36	120
Flo-track		% within Sensor Flo-track	70,0%	30,0%	100,0%
	Sí	Count	6	9	15
		% within Sensor Flo-track	40,0%	60,0%	100,0%
Total		Count	90	45	135

7.7.3. Artefactes i tractament farmacològic

No s'observen diferències en la freqüència d'artefactes entre pacients que reben tractament amb fàrmacs vasoactius.

Tant vasoconstrictors com vasodilatadors (test chi

quadrada amb $p=0,596$ i $p=0,125$, respectivament).

7.7.4. Artefactes i valors de pressió arterial

En el càlcul de les diferències, tant de pressió arterial sistòlica (PAS) i pressió arterial diastòlica (PAD), entre la monitorització invasiva com en la no invasiva per esfigomanòmetre s'observa la tendència a ser major quan ens trobem davant d'un artefacte.

Així, en el cas de la PAS s'observa una diferència mitja de 14,77 mmHg (IC95% 11,4 a 18,1) i en el cas de la PAD una diferència mitja de 1,5 mmHg (IC95% -0,7 a 3,7). Aquesta diferència aplicant la prova T Student resulta estadísticament significativa ($p=0,000$), en el cas de les diferències entre la PAS, però no en el cas de les diferències amb la PAD ($p=0,185$) que a més inclou el valor 1 en el interval de confiança.

	t	Df	Sig.(2-tailed)	Mean difference	Std. Error difference	95% Confidence Interval of the Difference	
Diferència PAS invasiva i no invasiva	8,707	133	,000	14,77	1,70	11,41	18,12
Diferència PAD invasiva i no invasiva	1,368	133	,174	1,50	1,09	-,67	3,67

Al separar la variable artefacte segons el tipus obtingut (infraamortiguació o sobreamortiguació), s'observen resultats diferents als obtinguts al tractar la variable com a binària (existència o absència d'artefacte).

En el cas de la sobreamortiguació, s'han obtingut diferències significatives amb la prova T, tant en el cas de la PAS com el de la PAD quan es compara la monitorització invasiva de la no invasiva. La diferència mitja de la PAS és de 16,4 mmHg (IC95% 11,74 a 21,06) i la diferència mitja de la PAD és de 6,53 mmHg (IC95% 3,53 a 9,54), ambdós valors amb una valor $p=0,000$.

	t	Df	Sig.(2-tailed)	Mean difference	Std. Error difference	95% Confidence Interval of the Difference	
Diferència PAS invasiva i no invasiva	6,980	106	,000	16,40	2,35	11,74	21,06
Diferència PAD invasiva i no invasiva	4,307	106	,000	6,53	1,52	3,53	9,54

En canvi, en el cas de l'artefacte en forma d'amortiguació només s'obtenen diferències significatives en el cas de la PAS quan es compara el tipus de monitorització.

La diferència mitja de la PAS és de 13,68 mmHg (IC95% 10,41 a 16,95) amb un valor $p=0,000$, però en canvi no s'observen diferències significatives ($p=0,125$) en les deferències amb la PAD (-1,85 mmHg amb IC95% -4,23 a 0,52).

	t	Df	Sig.(2-tailed)	Mean difference	Std. Error difference	95% Confidence Interval of the Difference	
Diferència PAS invasiva i no invasiva	8,289	115	,000	13,68	1,65	10,41	16,95
Diferència PAD invasiva i no invasiva	-1,546	115	0,125	-1,86	1,20	-4,23	0,52

8. DISCUSSIÓ

Amb aquest estudi transversal es buscava conèixer la prevalença dels artefactes d'amplificació de la corba arterial durant la monitorització invasiva de la pressió sanguínia. L'experiència clínica que teníem respecte aquest fenomen era la sospita evident que les alteracions en la corba es presenten amb més freqüència de l'esperada, i sobretot, que la transmesa per la literatura i les cases comercials d'equips de monitorització o de cànules arterials.

Malgrat que els resultats difosos pertanyen a un estudi intermedi pendent de finalitzar la recollida de la mostra, sembla que s'intueix, inclús es pot resoldre la hipòtesi principal i objectiu essencial de l'estudi: existeixen un nombre no despreciables de fenòmens d'infraamortiguació i sobreamortiguació en la monitorització habitual dels pacients. Que fins un terç dels monitors puguin marcar xifres no fiables i que, puguin induir a errors mèdics repercutint en l'estat de salut d'una persona fa replantejar els cànons de seguretat en quant a la monitorització.

Probablement mai tenim en compte que els resultats obtinguts en les proves complementaries que no requereixen d'una anàlisi subjectiva per determinar diagnòstics, siguin per exemple valors obtinguts d'una analítica o la xifra que observem en un monitor, puguin ser erronis.

És evident que en molts camps són prou coneguts els conceptes de sensibilitat o especificitat d'una prova, i el raonament clínic que se'n deriva alhora d'analitzar els resultats, però és sorprenent que els paràmetres observats en un monitor necessitin també ser necessàriament sotmesos a judici. No cal incidir en la importància de l'exactitud en els valors de pressió arterial que es requereix pel correcte diagnòstic de patologies, evolució dinàmica de la hemodinàmica d'un malalt i per establir un tractament adequat en base d'aquestes premisses. Com a mínim, el clínic ha de ser conscient que no tot el que tradueix un monitor és un reflex de la realitat, ha de ser coneixedor d'aquests fenòmens de reverberació de la corba arterial de cara a minimitzar riscos derivats de les seves decisions.

No solament n'ha de prendre consciència el metge sobre el qual recauen les responsabilitats dels diagnòstics. Tal i com ens demostra la pràctica diària, la majoria d'artefactes es presenten quan hi ha deficiències en les mesures de cura i higiene dels circuits. La manca en la pressurització del circuit, l'existència d'aire en els tubs, massa allargaderes o claus d'extracció, entre d'altres, converteixen el monitor en un aparell més susceptible a mentir en la traducció del senyal mecànic.

Per tant, en aquest sentit, són els equips d'infermeria i auxiliars, sobre els qual recau el pes d'evitar un mal comportament del monitor i són, en conseqüència, l'objectiu primer de conscienciació sobre la importància d'un correcte manteniment dels circuits de transmissió i transducció de la senyal.

Caldrà seguint extraient resultats de l'estudi i probablement establir noves hipòtesis en quant a l'existència d'altres factors més enllà dels mecànics com a socis dels artefactes. És biològicament plausible pensar que l'estat de conservació de les artèries pugui tenir influència en la millor o pitjor captació de la senyal, igualment ho pot ser el tipus de cànula, la qualitat del material i el seu desgast normal per fenòmens de fricció, estirament o cisallament.

En el nostre estudi, per ara, no s'ha vist la influència que puguin tenir factors com el tabaquisme, la hipertensió arterial, la diabetis, la dislipèmia, o la pròpia malaltia vascular en el desenvolupament d'artefactes en la corba arterial. Tampoc l'acumulació de factors de risc cardiovascular sembla que mostri cap tipus de tendència. En canvi, és, sens dubte, sorprenent els resultats obtinguts en el gènere i l'obesitat.

El fet d'observar major nombre d'artefactes en les dones no tindria a priori cap resposta de plausibilitat biològica. Amb l'edat mitja de la nostra mostra de dones 66,6 anys (DE 13,3), franja on ser home es comporta com a FRCV, hauria de ser més aviat un factor protector (encara que tampoc en la nostra mostra hem observat relació de l'artefacte amb els FRCV).

El menor número de dones en la mostra pot haver influït en aquesta tendència, però el que sense dubte té transcendència és la distribució tan desigual que s'ha produït entre el tipus de monitorització i el gènere.

La monitorització a través del sistema Vigileo no s'ha registrat en cap home, mentre que el 26,3% de les dones portava el sensor Flo-Track, que com hem vist es correlacionava amb una major freqüència d'artefactes en comparació amb el sistema de monitorització convencional.

Tampoc és clínicament rellevant presentar la obesitat com a factor protector de patir artefactes, encara que la diferència en la distribució de les freqüències és prou rellevant. Aquest fet també té una explicació clara, i és que el fet de ser obès s'ha associat a un major nombre de canulacions femorals (amb la seva lògica per aspectes tècnics), a un menor monitorització amb sistemes de Vigileo i també a una cànula més jove en el moment del registre (major freqüència d'obesos amb canulació inferior a 2 dies).

Els tres aspectes es relacionaven directament amb la absència d'artefacte, i és per això, que és fàcil caure en l'error que l'obesitat sigui un factor protector dels artefactes d'amplificació de la corba arterial.

En canvi, és prou rellevant i té la seva explicació anatòmica mecànica els resultats obtinguts respecte a la relació entre la canulació i la presència d'artefactes. El fet de no obtenir artefactes en les cànules posicionades a l'artèria femoral es pot explicar perquè la mida i gruix d'aquestes és més gran, fent que sigui menys probable l'obstrucció de la punta o l'alteració del material per fenòmens mecànics.

Serà lògic, per tant, defensar que les cànules radials són més susceptibles de generar artefactes i pot ser una bona recomanació pensar en situar cànules més llargues quan es preveu una monitorització invasiva de llarga duració en aquesta ubicació.

I més, sabent que el pas del temps també té la seva influència en la generació d'artefactes com s'ha vist. És també de lògica raonar que a mesura que passen els dies els materials es desgasten més i els circuits van acumulant defectes que poden conduir a facilitar alteracions en la transducció de la senyal. Encara que no s'han mostrat resultats per dies acumulats, podria semblar que el límit de 48 hores pot ser una frontera per començar a sospitar amb més fermesa l'aparició d'artefactes.

També són molt vistoses les freqüències observades quan s'ha registrat la monitorització sota el sistema Vigileo. Bàsicament, aquest manté el circuit de tubs estàndard, però aporta un transductor que permet la monitorització contínua a través de la corba arterial de paràmetres hemodinàmics com el cabal cardíac, el volum sistòlic o la variació de volum sistòlic.

Aquest transductor podria ser el causant del major nombre d'artefactes, encara que la menor diferència en aquest subgrup (15 vs 120 de monitorització estàndard) pot ser causant clar de biaix, per la qual cosa –i repetim, pel tipus de disseny- no es poden establir relacions de causalitat.

Tal i com, s'ha explicat en l'apartat Material i Mètodes, el diagnòstic d'artefacte –infra o sobreamortiguació- s'ha realitzat mitjançant el test de flush. Tal i com, s'explica això implica que existeixen diferències en les xifres de pressió arterial monitoritzades pel catèter de les monitoritzades puntualment mitjançant l'esfingomanòmetre. No existeixen recomanacions, guies ni evidència que marqui quan cal sospitar un artefacte segons la diferència existent entre ambdues. És per això, que les dades obtingudes de la monitorització de la pressió no invasiva poden ser molt importants. Ens poden ser de gran ajuda per determinar o confirmar, en cas de dubte, l'existència de fenòmens d'amortiguació.

En els resultats obtinguts del nostre tall, cal recalcar que només s'han observat diferències entre les dues monitoritzacions amb els valors de la pressió arterial sistòlica (PAS), però no en canvi en la diastòlica (PAD). La PAS mostra diferències significatives de 14,7 mmHg de mitja amb un IC bastant ajustat, en canvia les diferències en la PAD són de mitja només de 1,5 mmHg i amb un IC que inclou el 0.

Aquests resultat, però, canvien quan s'estudien per separat els artefactes. En el cas de la sobreamortiguació, s'observen diferències significatives tant en la PAS com en la PAD (i, per definició, també ho serà la pressió arterial mitja-PAM). En el cas de la PAS, s'observen diferències de fins 16,4 mmHg de mitja i en el cas de la PAD, de 6,5 mmHg. En els dos casos, amb una $p=0,000$ i amb un IC que tradueix una rellevància clínica prou potent.

Pel que fa al fenomen de la infraamortiguació s'observa un fenomen curiós, mereixedor de ser reconegut. Si bé, la pràctica clínica i també la definició bibliogràfica ens mostra que aquest fenomen s'acompanya d'una sobrevaloració de la PAS i una infravaloració de la PAD (resultant en mínims canvis en la PAM), en el nostre estudi no s'ha reportat aquest fenomen.

Nosaltres, hem observat diferències en les pressions en el fenomen d'infraamortiguació tan sols en el valor de la PAS, obtenint diferències significatives amb una mitja de 13,7 mmHg. En canvi, en el cas de la PAD no obtenim diferències (1,85 mmHg de mitja amb un IC que inclou el 0). Per tant, en la nostra mostra i, a diferència del que estipulen el tractats, la PAM en aquest tipus d'artefacte també es veu afectada, donat que la no alteració de la PAD evita la compensació de la sobrevaloració de la PAS.

El fet que, aproximadament el 60% dels artefactes registrats siguin en forma d'infraamortiguació fa pensar que en una mostra encara no prou robusta, aquest fenomen tingui massa pes en la valoració dels artefactes en general.

Així es podria explicar que només s'observin diferències en la PAS (i no també en la PAD), tal i com succeeix en la valoració específica de la infraamortiguació, quan s'estudien les diferències en la monitorització invasiva en comparació amb l'obtinguda amb l'esfinfomanòmetre.

Som conscients de les limitacions derivades del nostre estudi i secundàries al disseny, més enllà de treure conclusions de resultats obtinguts a manca de suficient reclutament per aconseguir la mostra inicialment buscada.

Probablement, la tendència en quant a la prevalença dels artefactes no variarà de forma abrupta, però de ben segur que l'increment en la variabilitat de la mostra ens permetrà ser més robustos en establir relacions entre aquests factors que hem estudiat amb la presència d'artefactes en la corba arterial, sense evidentment poder assegurar direccionalitat o causalitat en aquestes associacions.

En nostre objectiu primordial és fer palesa la importància d'aquests fenòmens a través de l'estudi de la prevalença. Transmetre la informació obtinguda als clínics i perseguir estratègies de conscienciació en la bona conservació i manteniment dels circuits per part de tots els equips implicats serà una dels pilars de la nostra tasca futura.

És possible que els participants i pacients no es beneficiïn d'aquest estudi, però aquests resultats permetran un millor coneixement de la prevalença i els factors que poden estar relacionats amb l'aparició d'artefactes d'amplificació de la corba de pressió arterial en la monitorització invasiva.

Una millor estratègia en el manteniment del circuits, el coneixement per part del clínic que generarà l'estat d'alerta, així com uns determinants que poden influir en una major prevalença d'aquests artefactes, poden millorar la concreció dels diagnòstics i, per tant, consegüentment, l'aplicació dels tractaments més adequats. És evident que per un òptim maneig dels pacients, la col·lecció de dades mitjançant eines d'avaluació com són els aparells de monitorització hemodinàmica han d'estar integrades amb informació obtinguda de l'estat clínic del pacient.

9. CONCLUSIONS

Més sovint del que pensem, el que observem en un monitor no és la real. Ni tan sols un fet tant cabdal en l'àmbit clínic com pugui ser la monitorització de la pressió es lliura de ser susceptible a patir errors i conduir a interpretacions errònies o teràpies inadequades. Estem, per tant, davant una situació que, com a mínim, és digna de ser estudiada.

A manca de finalitzar el nostre estudi, la tendència reflectida en els resultats és que una tercera part dels pacients monitoritzats de forma invasiva presenten xifres de pressió arterial sistòlica, diastòlica i/o mitja que no són vertaderes, conseqüència de trastorns dinàmics de la corba arterial que artefactuen la correcta valoració. La majoria de vegades aquest artefacte es presentarà en forma d'infraamortiguament, és a dir, una amplificació del traç sobre la corba sinusoïdal real generant sobreestimacions de la pressió arterial sistòlica.

No poder garantir un diagnòstic correcte d'hipotensió, més enllà del estat clínic, o fer un tractament mitjançant fàrmacs vasodilatadors d'una hipertensió irreal, és inadmissible en els temps que ens toca viure, on els avenços tecnològics i els coneixements basats en una formació millor, i més homogènia i universalitzada, van agafats de la mà. És com a mínim, doncs, d'obligat compliment la transmissió d'informació sobre fenòmens, poc populars, sovint desconeguts, que poden afectar de manera tant directa la nostra forma de fer medicina.

Com ja recomanen els llibres, aquest estudi reforça la filosofia que un dels pilars bàsics per a una monitorització invasiva satisfactòria és que cal incidir en la higiene dels equips de transmissió: pressurització de la infusió del líquid, evitar augmentar la distància dels tubs, reduir possibles interferències com claus innecessàries o bombolles d'aire, etc. Mai quedarà a fons perdut concentrar esforços en la formació i preparació dels equips d'infermeria per a un correcte manteniment dels dispositius i sistemes diversos.

Alertar als fabricants i a les cases comercials sobre la importància dels materials i dels equips alhora d'aconseguir monitoritzacions més fiables és un altre objectiu evident que cal ser ressenyat. Cànules amb materials que resisteixin millor a fenòmens de fricció i estirament, sistemes que permetin la transducció de la senyal més propera al pacient o dispositius amb millor dotació per eliminar interferències poden ser futures estratègies que com a proveïdors hem d'exigir per aconseguir estar més a prop del control ideal del pacient.

La sospita d'un artefacte d'amplificació es basa bàsicament en el traç i la forma de la corba arterial en un context d'una situació clínica poc congruent. El test de flush és l'element que ens permet definir la presència del fenomen i assegurar el diagnòstic sense confusió. Per reforçar la sospita o el diagnòstic, i tal i com hem vist en els resultats de l'estudi, els artefactes aniran acompanyats d'incongruències entre les xifres de pressió arterial monitoritzades i aquelles obtingudes puntualment mitjançant l'esfingomanòmetre.

Aquestes diferències seran habitualment d'entre 10 i 20 mmHg en la pressió arterial sistòlica, i en canvi, no sempre hi seran presents en el cas de la pressió arterial diastòlica, segons el tipus i el grau d'intensitat de l'artefacte que si presenti.

Altres factors més enllà dels estrictament mecànics no han pogut ser definits com causants o predisponents de l'aparició d'artefactes d'amplificació. Encara que pugui semblar plausible que factors de risc cardiovascular o fàrmacs vasocactius puguin conduir a major susceptibilitat, no podem realitzar afirmacions amb evidència sobre aquest supòsit.

Tenir coneixement de fenòmens d'artefactuació de la corba de pressió arterial i dels factors que predisposen a una major prevalença dels mateixos, ens posa en guàrdia per adquirir postures més crítiques i estar més vigils davant situacions que requereixen monitorització continuada. En definitiva, ens converteix en millors professionals ja que ens condueix a diagnòstics més precisos i, per tant, a tractaments adequats i a un millor resultat en benefici dels pacients.

10. BIBLIOGRAFIA

1. De la Quintana Gordon, F.B. (2004). *Monitorización en anestesia, cuidados críticos y medicina de urgencias*. (3ªed). Madrid, España: Elsevier.
2. Miller, R.D., Eriksson, L.I., Fleisher, L.A., Wiener-Kronish, J.P.; Young, W.L. (2009). *Miller's Anesthesia*. (7th ed). Philadelphia: Elsevier.
3. Cunningham, S., Symon, A. G. (1994). *Changes in mean blood pressure caused by damping of the arterial pressure waveform*. Early Human Development, Vol 36, Issue 1, pages 27-30.
4. French Society of Anesthesia and Intensive Care. *Arterial catheterization and invasive measurement of blood pressure in anesthesia and intensive care in adults*. Ann Fr Anesth Reanim. 1995;14(5):444-53.
5. Dorman T, Breslow MJ, Lipsett PA, Rosenberg JM, Balser JR, Almog Y, Rosenfeld BA. *Radial artery pressure monitoring underestimates central arterial pressure during vasopressor therapy in critically ill surgical patients*. Crit Care Med. 1998 Oct;26(10):1646-9.

6. Galluccio ST, Chapman MJ, Finnis ME. *Femoral-radial arterial pressure gradients in critically ill patients*. Crit Care Resusc. 2009 Mar;11(1):34-8.
7. Mignini MA, Piacentini E, Dubin A. *Peripheral arterial blood pressure monitoring adequately tracks central arterial blood pressure in critically ill patients: an observational study*. Crit Care. 2006;10(2):R43.
8. Kleinman B, Powell S, Gardner RM]. *Equivalence of fast flush and square wave testing of blood pressure monitoring systems*. J Clin Monit. 1996 Mar;12(2):149-54.
9. Sheahan NF, Tuohy B, Kirkham R, Coakley D, Malone J. *The fast flush test: evaluation in radial artery catheter-manometer systems*. Clin Phys Physiol Meas. 1991 Aug;12(3):247-52.
10. Schwid HA. *Frequency response evaluation of radial artery catheter-manometer systems: sinusoidal frequency analysis versus flush method*. J Clin Monit. 1988 Jul;4(3):181-5.
11. Kleinman B, Powell S, Kumar P, Gardner RM. *The fast flush test measures the dynamic response of the entire blood pressure monitoring system*. Anesthesiology. 1992 Dec;77(6):1215-20.